

PESQUISA OPERACIONAL NA TOMADA DE DECISÃO: MODELO DE OTIMIZAÇÃO DE PRODUÇÃO E MAXIMIZAÇÃO DO LUCRO

Emerson Augusto Raymundo, emersonaugustoray@gmail.com.br¹

Lucas Willian Nogueira Gonçalves, lucaswillian07@hotmail.com²

Natalia da Silva Ribeiro, nsribeiro2@gmail.com³

¹²³Centro Universitário Salesiano de Lorena UNISAL, Rua Dom Bosco, 284 - Centro - Lorena/SP - 12600-100

Resumo: Este trabalho apresenta um modelo de otimização para apoiar decisões de planejamento e controle de produção (PCP) em uma empresa produtora de uniformes. O caso estudado aborda os problemas empresariais ligados à necessidade de maximização do lucro em um contexto de escassez de recursos e outras condições adversas que limitam a capacidade produtiva. A escassez de recursos, frente ao objetivo de maximização dos resultados, faz com que os gestores se questionem sobre quais os produtos ou linhas de produtos que deveriam ser eliminados e quais deveriam ter suas vendas incentivadas. Utilizou-se um modelo de programação linear e o solver Lindo® (6.1) com o objetivo de identificar os produtos com melhor ganho industrial e a produção ideal para maximizar do lucro da empresa. A solução ótima fornecida pelo modelo matemático não satisfaz a necessidade da empresa, pois ela indica a produção de somente dos itens do portfólio disponível. Contudo os resultados indicam que o lucro da empresa é restrito a quantidade de horas trabalhadas e a capacidade produtiva da empresa. Para que uma empresa consiga atingir um ponto ótimo ela tem que desenvolver seu próprio mecanismo de formação de custos, despesas, preços, remuneração do seu investimento, enfim obter um modelo ideal que vai desde a programação da produção até a colocação do produto no mercado, somente assim a mesma obtém as referências acerca do lucro tão almejado a ser atingido.

Palavras-chave: Planejamento e controle de produção, Programação linear, maximização

OPERATIONAL RESEARCH IN DECISION-MAKING: PRODUCTION OPTIMIZATION MODEL AND PROFIT MAXIMIZATION

Abstract: This paper presents an optimization model to support planning decisions and production control (PCP) in a production of uniform company. The case study addresses the business problems linked to profit maximization in a context of scarce resources and other adverse conditions that limit production capacity. Limited resources, against the goal of maximizing the results, causes managers to wonder about which products or product lines that should be eliminated and which should have encouraged their sales. We used a linear programming model and the solver Lindo® (6.1) in order to identify the best products with industrial gain and the ideal production to maximize the company's profit. The optimal solution provided by the mathematical model does not satisfy the need of the company, as it indicates the production of only the available portfolio items. However the results indicate that the company's profit is restricted the amount of hours worked and the productive capacity of the company to which a company can achieve a great extent it has to develop its own cost formation mechanism, costs, prices, their remuneration investment, finally get an ideal model that goes from the production schedule to the placing on the market, only then it gets references about the profit so desired to be reached..

Keyword: Production planning and control, linear programming, maximizing

1. INTRODUÇÃO

O objeto de pesquisa desse trabalho é o planejamento e otimização da produção visando a maximização do lucro em uma empresa produtora de roupas do ramo de uniformes. O trabalho é baseado num estudo de caso em uma empresa localizada na cidade de Guaratinguetá-SP, que produz e comercializa cinco tipos de produtos do ramo de uniformes em geral. A empresa estudada é de pequeno porte, emprega 25 funcionários internos e tem uma capacidade produtiva diária de 1050 unidades.

A empresa trabalha em um sistema de produção puxada e os cinco tipos de produtos disponíveis podem ser demandados num mesmo horizonte de produção. A produção não possui um sistema de planejamento e controle e problemas como atraso de pedidos acontecem na empresa.

Diversas decisões importantes devem ser consideradas no planejamento da empresa e a modelagem matemática atua como ferramenta de apoio a tomada de decisão. O objetivo deste trabalho é apresentar uma solução para otimizar a produção e principalmente maximizar os lucros da empresa. Na primeira etapa da pesquisa foi realizada uma pesquisa de campo para entender a complexidade do problema e para a coleta de dados. Na etapa seguinte definiu-se o modelo experimental que foi implementado utilizando o solver LINDO® (6.1).

Os resultados obtidos no trabalho têm a função de auxiliar na tomada de decisão da programação da produção na empresa em busca do objetivo de maximizar os lucros.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O conhecimento e otimização do processo produtivo é fundamental para aumentar a eficiência e manter a empresa competitiva no mercado. Em ambientes de produção modelos matemáticos são utilizados para uma análise rigorosa dos processos e tomada de decisão. As decisões são tomadas nos níveis, estratégico, tático e operacional e significa escolher uma opção entre alternativas de solução viável para a situação.

A pesquisa operacional surgiu durante a segunda guerra mundial onde foi utilizada para resolver problemas táticos e estratégicos. No Brasil o primeiro grupo de estudos em pesquisa operacional foi desenvolvido na Petrobrás na década de 60, nessa mesma época foi fundada a Sociedade brasileira de pesquisa operacional (SOBRAPO) responsável pelo desenvolvimento e uso de técnicas de Pesquisa operacional (LÓSS, 1981)

De acordo com a SOBRAPO a Pesquisa Operacional é uma ciência aplicada voltada para a resolução de problemas reais. Tendo como foco a tomada de decisões, aplica conceitos e métodos de várias áreas científicas na concepção, planejamento ou operação de sistemas. A Pesquisa Operacional é usada para avaliar linhas de ação alternativas e encontrar as soluções que melhor servem aos objetivos dos indivíduos ou organizações.

A pesquisa operacional é utilizada no planejamento de operações público e privados em sistemas de alocação de recursos, arranjo de postos de trabalho, programação matemática, ajuda humanitária, etc, com grande poder de aplicação em problemas práticos e reais (KARSU; MORTON, 2015).

A partir disso, faz-se necessário um bom sistema de Planejamento e Controle de Produção (PCP) que deve saber a prioridade e a capacidade da organização. A prioridade está relacionada aos quais produtos, quantos e quando eles são necessários, para que a produção possa elaborar planos para satisfazer à demanda de mercado, já a capacidade é a competência para produzir bens e serviços (ARNOLD, 1999).

A tomada de decisão em empresas é uma tarefa que em geral demanda muito tempo e é difícil de ser executada. Em 1947 George Dantzig desenvolveu o método matemático *simplex*, com isso a programação matemática se tornou uma das técnicas mais empregadas em pesquisa operacional e programação linear (LUCHE, 2003).

De acordo com Marins (2011) os modelos matemáticos de resolução de problemas são representações simplificadas da realidade, a resolução desses problemas subdivide-se em cinco etapas:

- I. Formulação do problema;
- II. Construção do Modelo matemático;
- III. Obtenção da Solução;
- IV. Teste da solução;
- V. Implementação.

Ainda segundo Marins (2011) a utilização de modelos matemáticos na tomada de decisão descreve a essência do problema e permite identificar quais são as relações entre as variáveis estudadas, quais os dados relevantes, e quais as variáveis de maior importância. A pesquisa operacional pode ser utilizada para resolver problemas de diversas áreas, os problemas típicos são:

- Programação linear: Mix de produção, mistura de matérias primas, carteiras de investimentos, roteamento de veículos;
- Modelos de Redes: rotas de transporte, distribuição e transporte de bens, monitoramento de projetos;
- Teoria de Filas – congestionamento de tráfego, operações de hospitais, alocação de equipes de serviço.

De uma maneira geral, conforme Andrade (1998), todas as disciplinas que constituem a Pesquisa Operacional se apoiam em quatro ciências fundamentais: Economia, Matemática, Estatística e Informática. Pode-se direcioná-la a três

diferentes focos, dependendo da necessidade: aplicabilidade gerencial (aspectos econômicos e administrativos); métodos matemáticos e estatísticos para a obtenção das soluções; construção de modelos e algoritmos computacionais.

Com o modelo matemático constituído consegue-se obter uma solução ótima para o problema, diversos são os métodos matemáticos que se encontram em crescente evolução, os *softwares* disponíveis são ferramentas importantes para a resolução de problemas complexos, alguns exemplos são: Solver do Excel® que é uma ferramenta com comandos simples mas que fornece resultados precisos; o LINDO® - Linear Discrete Optimizer e o CPLEX®, são utilizados para problemas de programação linear e não linear (MARINS, 2011).

Para Oliveira (2001), a finalidade das estratégias é estabelecer quais serão os caminhos, os cursos, os programas de ação que devem ser seguidos para serem alcançados os objetivos e desafios estabelecidos. As empresas estão inseridas em um mercado extremamente competitivo, o que requer delas uma reavaliação de suas estratégias visando atender as necessidades do mercado. Para isso, o uso de procedimentos de controle e avaliação de desempenho das operações empresariais tem sido considerado como imprescindíveis à manutenção da competitividade das organizações (WERNKE, 2007).

3. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A empresa estudada atua no setor de vestuário e está localizada em Guaratinguetá, SP, contudo o problema aqui discutido pode ser aplicado em outras empresas do setor. A empresa produz e comercializa 5 tipos de produtos (Camisa social; Camiseta; Camisa Polo; Calça; Jaqueta) em um galpão de 300 m² onde 200 m² serão utilizados para produção e acabamento dos produtos.

A empresa possui vinte e cinco funcionários internos e cinquenta externos (terceirizados), da parte interna, quatro funcionários trabalham exclusivamente na qualidade, quatorze funcionários trabalham na produção e acabamento do produto e seis funcionários trabalham exclusivamente no escritório (PCP/Financeiro/RH/Comercial) e um funcionário responsável pela limpeza. A folha de pagamento totaliza R\$ 26.000,00 mensais. O turno de trabalho na empresa é de 8 horas de trabalho/dia, durante 5 dias na semana. Para um lote com 150 unidades de cada produto a tabela 1 descreve o tempo total para produção de cada tipo de produto, demanda diária, unidades de matéria prima necessária e a porcentagem de lucro.

Tabela 1: Unidades de produção

Produto	Tecido (m)	Horas/máquina	Demanda Diária	Lucro
Camisa Social	202	2,5	150	47%
Camisetas	36	1,5	250	56%
Camisa Polo	54	1,5	160	51%
Calças	183	2	120	44%
Jaquetas	253	3,5	80	65%

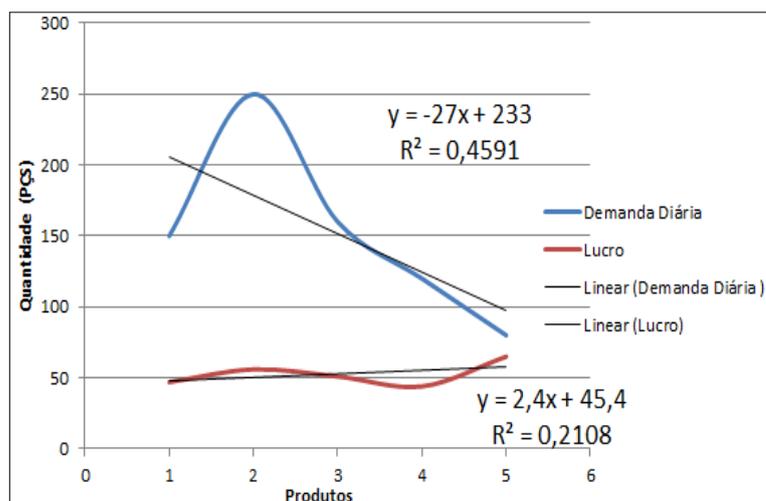


Figura 1. Comparação entre Demanda e lucro diário.

3.1 Foco do Problema

A empresa trabalha em um sistema produtivo intermitente, ou seja, ocorrem mudanças no tipo de produto fabricado. Em tese as jaquetas são mais difíceis de serem produzidas e acabadas devido ao seu nível de detalhamento, porém é visto que a lucratividade obtida é maior que a dos outros produtos. As camisetas têm um melhor desempenho produtivo visto que sua produção não é detalhada. As camisas polo têm nível de dificuldade intermediário, pois o principal detalhe que leva uma parcela do tempo são os dois ou três botões aplicados em geral. Já para calças e camisas sociais o trabalho é um pouco maior, visto que as calças têm processos diferenciados de acabamento e as camisas sociais quantidades de botões que variam de acordo com os pedidos dos clientes.

Com isso, é necessário fazer uma verificação acerca de quais produtos devem ser investidos pelo departamento comercial a fim de que a empresa obtenha uma otimização da produção e uma maximização de seus lucros. A partir dessas informações é possível ressaltar que a empresa enfrenta problemas com baixas em alguns momentos em sua produção e altas em outros momentos.

3.2 Modelagem do Problema

A empresa apresenta diversos problemas de programação da produção e algumas vezes a empresa não conseguiu atender a demanda no prazo solicitado. A modelagem do problema está alinhada as metas da empresa de maximizar o lucro.

Modelo: Considera um dia produtivo e produção de um lote de 150 unidades.

Variáveis: x_1 : Camisa Social

x_2 : Camiseta

x_3 : Camisa polo

x_4 : Calça

x_5 : Jaqueta

Função Objetivo:

$$\text{Max } Z = 47 x_1 + 56 x_2 + 51 x_3 + 44 x_4 + 65 x_5 \quad [1]$$

Sujeito a:

$$2.5 x_1 + 0.9 x_2 + 1.4 x_3 + 2.5 x_4 + 6 x_5 \leq 8 \quad [2]$$

$$202 x_1 + 36 x_2 + 54 x_3 + 183 x_4 + 253 x_5 \leq 1600 \quad [3]$$

$$150 x_1 + 250 x_2 + 160 x_3 + 180 x_4 + 140 x_5 \leq 1050 \quad [4]$$

Com:

$$x_i \geq 0, \text{ inteiro} \quad [5]$$

A função objetivo [1] maximiza a soma dos lucros dos processos utilizados. Na inequação [2] o tempo gasto para a produção dos produtos não pode exceder as horas de trabalho disponível por dia. Na inequação [3] o volume de matéria prima utilizada para produzir x_i não pode exceder o volume total de matéria prima disponível para a produção. Na inequação [4] a quantidade demandada de produto não pode ser maior que a capacidade produtiva diária. A inequação [5] define as condições de não negatividade das variáveis.

4. RESULTADOS COMPUTACIONAIS

O resultado do experimento realizado considerando o objetivo de maximizar o lucro está descrito na figura (2). Os dados indicam que, o lucro da empresa é restrito a quantidade de horas de trabalho disponível e a capacidade produtiva. Observa-se também que devido à restrição de horas de trabalho e produtividade há sobra de matéria prima tecido, demonstrando que a empresa tem um custo elevado com estoque desnecessário.

OBJECTIVE FUNCTION VALUE		
1)	312.8398	
VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	0.000000	22.660194
X2	0.922330	0.000000
X3	5.121359	0.000000
X4	0.000000	30.393204
X5	0.000000	67.475731
ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	18.398058
3)	1290.242676	0.000000
4)	0.000000	0.157767
5)	0.000000	0.000000
6)	0.922330	0.000000
7)	5.121359	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
NO. ITERATIONS=	1	

Figura 2. Resultado experimental LINDO®.

A solução para maximizar o lucro é produzir 0,92 unidades de lote de camisetas e 5,12 unidades de lote camisa polo, desconsiderando a produção dos outros itens. Considerando os dados de saída do modelo, a solução ótima indica a produção diária de 230,58 unidades de camisetas e 819,42 unidades de camisa polo, neste cenário o lucro total da empresa é de R\$ 17.110,54.

O total de horas disponíveis para produção e a capacidade produtiva total são consumidos integralmente para a produção das unidades de camiseta e camisa polo, porem conforme demonstra a tabela 2 há sobra de matéria prima tecido, ou seja, a quantidade de estoque disponível é superior a quantidade consumida pela produção, essa condição gera um desperdício e um custo de estoque para a empresa.

Tabela 2: Dados de saída

	Camisetas	Camisa Polo	Disponível	Utilizado	Sobra
Horas máquina	0,83	7,17	8	8,00	0,00
Tecido	33,20	276,55	1600	309,76	-1290,24
demanda	230,58	819,42	1050	1050,00	0,00

4.1 Análise de Sensibilidade

Considerando a solução ótima fornecida pelo modelo e a restrições de horas de trabalho e capacidade produtiva, os resultados demonstram que para cada unidade a mais de horas trabalhadas o lucro é maximizado em 18 unidades e para cada unidade a mais de capacidade produtiva o lucro em maximizado em 0,16 unidades.

Simulando que a equipe de planejamento e controle de produção aumente em uma unidade as horas disponíveis para o trabalho o lucro será maximizado para R\$ 18.935,77. Inversamente a este resultado, a redução de uma unidade de hora disponível que pode ocorrer devido a paradas de produção, reduz o lucro diário a R\$ 15.285,28.

Com as restrições de horas de trabalho e produtividade o modelo sugere a produção somente de camisetas e camisas polo, contudo como não possui recursos produtivos para tornar ótimo a produção de todo os produtos a empresa deixa de

acrescentar em seu resultado 22,6 unidades de lucro para camisa social, 30,39 unidades de lucro para calça e 67,47 unidades de lucro para jaqueta.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode se dizer que a um nível organizacional do qual atua um profissional da área de otimização e maximização, é imprescindível exigir mais qualidade nos produtos comercializados e pontualidade nos prazos estabelecidos. A partir desta realidade, é fundamental um bom planejamento da produção através do controle dos produtos a serem fabricados em relação a sua quantidade e prioridade, de forma a maximizar os resultados e atender a demanda de forma a satisfazer o consumidor e de tal maneira obter êxito as observações dos empresários.

Com o intuito de exemplificar uma problemática enfrentada no dia a dia empresarial e gerar uma solução à mesma, foi realizado os cálculos acerca do assunto descrito e com isso colocado a prova o uso da teoria e pratica, que quando atuando juntas, visam a busca de um determinado objetivo, que é sanar os problemas.

Para a obtenção dos dados foi necessário integrar o uso de ferramentas de resolução de problemas organizacionais, tendo em vista o uso do Solver Excel e do Lindo®, através de um comparativo entre ambos notou-se a eficiência dos *softwares* na obtenção de dados exatamente idênticos, ou seja, na autenticidade e praticidade dos mesmos.

A solução apresentada não é viável para a empresa, pois esta tem a necessidade de continuar atuando com todos os tipos de produtos do seu portfólio, visto que os pedidos entram aleatoriamente e cada um tem o seu potencial de melhor eficácia em determinada fase de seu processo.

Com uma análise criteriosa dos demonstrativos de resultados, foi notório o fato de que a capacidade produtiva da empresa e a quantidade de horas disponíveis para trabalho seguindo as regras pré-estabelecidas pela empresa não permitem uma solução ótima com todas as variáveis, ou seja, por mais lucratividade que se alcance com um determinado produto a empresa estará perdendo em outros. Por isso, tem se que os resultados apresentados foram inviáveis para a situação atual da organização em estudo. Para uma possível solução das inviabilidades será necessária uma rigorosa implantação de estratégias para enxugar as fases do processo, a fim de obter um nível de acertos maior, atingindo o objetivo de otimizar a produção e com isso maximizar os lucros da empresa.

Os resultados não apontam para um foco definitivo, contudo mostram claramente que a empresa atinge seu lucro máximo quando trabalha com um produto em série e em grandes quantidades, isolando os outros. A empresa tem se adaptado as constantes mudanças capitalistas ocorrentes em meio ao mercado consumidor, é prudente que a administração da organização seja perspicaz a ponto de saber lidar com a situação e retirar o máximo aproveitamento de cada produto, somente assim o processo será otimizado e os lucros maximizados conforme o tão almejado desejo.

6. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Eduardo Leopoldino. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para a análise de decisão**. 2. Ed. Rio de Janeiro: LCT, 1998.
- ARNOLD, J. R. T. **Administração de materiais: uma introdução**. São Paulo: Atlas, 1999.
- KARSU, Ö.; MORTON, A. Inequity averse optimisation in operational research. **European Journal of Operational Research**, fev. 2015.
- LÓSS, Z. E. O Desenvolvimento da Pesquisa Operacional no Brasil. Dissertação de mestrado. COPPE/UFRJ, 1981.
- LUCHE, J. R. D. **Otimização na programação da produção de grãos eletrofundidos**: Um estudo de caso. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2003.
- MARINS, F. A. S. **Introdução a pesquisa operacional** – São Paulo: Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, Pró-reitora de Graduação, 176 p, 2011.
- OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. **Planejamento estratégico: Conceitos, Metodologia e Práticas**. 20ª edição. São Paulo: Editora Altas, 2004.
- SOBRAPO. **Pesquisa Operacional**. Disponível em: http://www.sobrapo.org.br/o_que_e_po.php. Acesso em: 24-FEV-2015.
- WERNKE, Rodney. **Avaliação da rentabilidade dos segmentos de mercado com o uso dos conceitos de margem de contribuição e valor presente: estudo de caso em distribuidora de mercadorias de pequeno porte**. In: XIV Congresso Brasileiro de Custos (CBC), João Pessoa, 2007.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluídos no seu trabalho.